

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re application: R. Stolle  
U.S. Serial No.: 10/688,804      Group No.: Not Yet Assigned  
Filed: October 15, 2003      Examiner: Not Yet Assigned  
For: Transformer Circuit Arrangement

**Commissioner for Patents**  
**P.O. Box 1450**  
**Alexandria, VA 22313-1450**

**TRANSMITTAL OF CERTIFIED COPY**

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence and the documents referred to as attached therein are being deposited with the United States Postal Service on this date **January 15, 2004** in an envelope as First Class Mail, addressed to the: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

By: \_\_\_\_\_

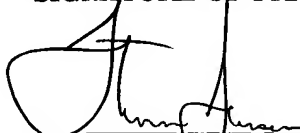
*Michelle P. Chicos*  
Michelle P. Chicos

Attached please find the certified copy of the foreign application from which priority is claimed for this case:

**Country:** Germany  
**Application Number:** 102 48 471.6  
**Filing Date:** October 17, 2002

**WARNING:** "When a document that is required by statute to be certified must be filed, a copy, including a photocopy or facsimile transmission of the certification is not acceptable." 37 C.F.R. section 1.4(f) (emphasis added).

**SIGNATURE OF PRACTITIONER**



Steven M. Jensen (Reg. No. 42,693)  
EDWARDS & ANGELL, LLP  
P. O. Box 9169  
Boston, MA 02209

Date: January 15, 2004

Tel. No. (617) 439-4444  
Fax. No. (617) 439-4170

**NOTE:** "The claim to priority need be in no special form and may be made by the attorney or agent, if the foreign application is referred to in the oath or declaration, as required by section 1.63." 37 C.F.R. section 1.55(a).



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 48 471.6

**Anmeldetag:** 17. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG, München/DE

**Bezeichnung:** Übertrager-Schaltungsanordnung

**IPC:** H 04 B 3/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 10. Oktober 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident

Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Faust', written over a horizontal line.

Faust

## Zusammenfassung

## Übertrager-Schaltungsanordnung

5 Eine Übertrager-Schaltungsanordnung weist einen ersten Übertrager (201) mit einer ersten unteren Grenzfrequenz ( $f_{u1}$ ) und einer ersten oberen Grenzfrequenz ( $f_{o1}$ ) und einen zweiten Übertrager (202) mit einer zweiten unteren Grenzfrequenz ( $f_{u2}$ ) und einer zweiten oberen Grenzfrequenz ( $f_{o2}$ ) auf, wobei  
10 die erste untere Grenzfrequenz ( $f_{u1}$ ) kleiner als die zweite untere Grenzfrequenz ( $f_{u2}$ ) und die zweite obere Grenzfrequenz ( $f_{o2}$ ) größer als die erste obere Grenzfrequenz ( $f_{o1}$ ) ist, die zweite untere Grenzfrequenz ( $f_{u2}$ ) vorzugsweise nicht mehr als um den Faktor 10 größer oder kleiner als die erste obere  
15 Grenzfrequenz ( $f_{o1}$ ) ist, mindestens ein Eingang (103, 104) des ersten Übertragers mit einem Eingang (209, 210) des zweiten Übertragers und mindestens ein Ausgang (205, 206) des ersten Übertragers mit einem Ausgang (107, 108) des zweiten Übertragers elektrisch verbunden ist und die Übertrager-  
20 Schaltungsanordnung ein Bandpaßverhalten mit einer unteren Gesamt-Grenzfrequenz ( $f_{uges}$ ) und einer oberen Gesamt-Grenzfrequenz ( $f_{oges}$ ) aufweist, wobei die untere Gesamt-Grenzfrequenz ( $f_{uges}$ ) kleiner als die erste obere Grenzfrequenz ( $f_{o1}$ ) und die zweite untere Grenzfrequenz ( $f_{u2}$ )  
25 ist, und wobei die obere Gesamt-Grenzfrequenz ( $f_{oges}$ ) größer als die erste obere Grenzfrequenz ( $f_{o1}$ ) und die zweite obere Grenzfrequenz ( $f_{o2}$ ) ist.

(Fig. 4)

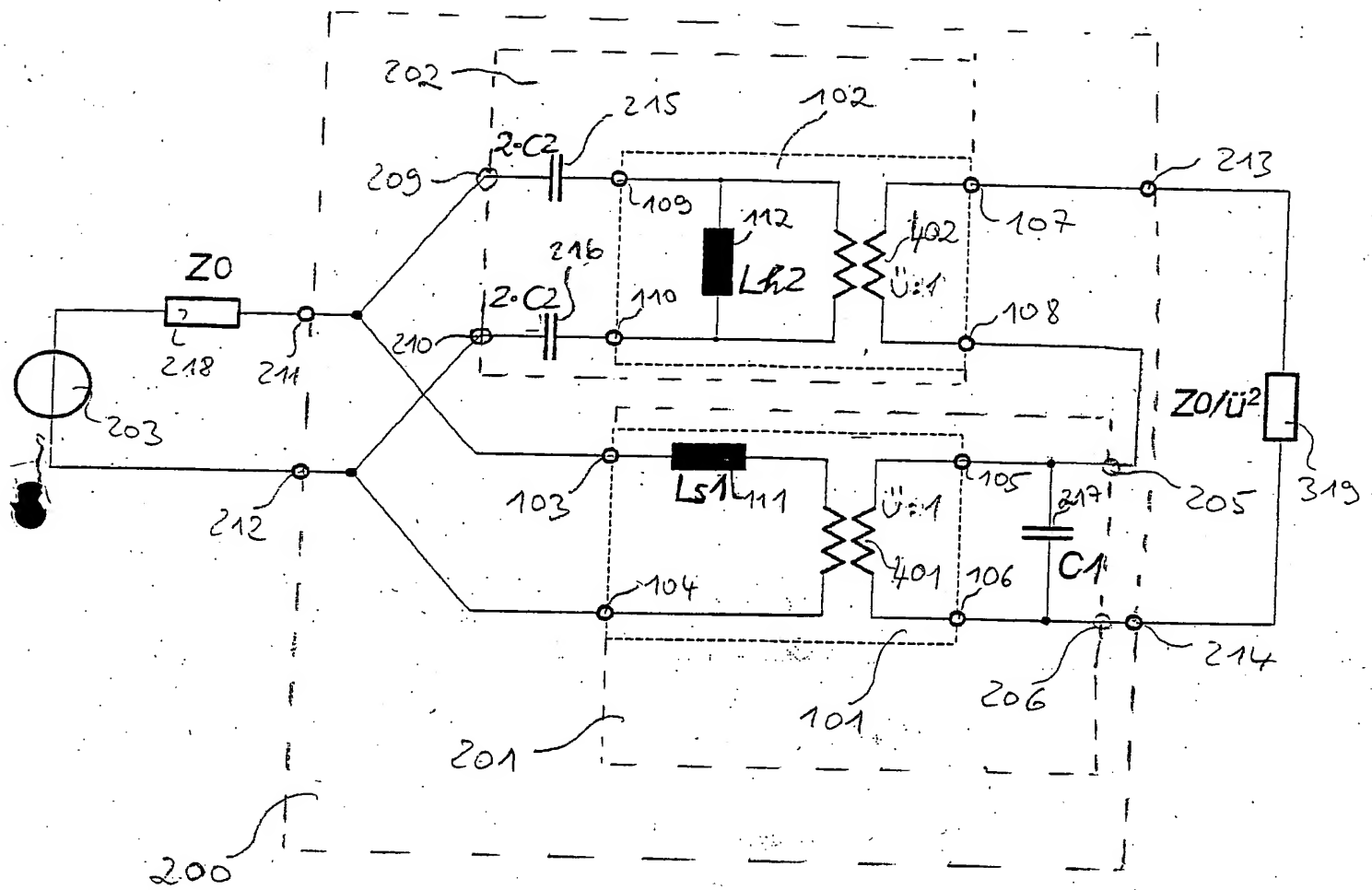


Fig. 4

## Beschreibung

## Übertrager-Schaltungsanordnung

5 Die Erfindung betrifft eine Übertrager-Schaltungsanordnung, welche insbesondere zur Übertragung von Signalen in Nachrichtenübertragungssystemen, wie z.B. xDSL-Systemen, ausgestaltet ist.

10 So genannte Übertrager (Transformatoren) in Nachrichtenübertragungssystemen sind unverzichtbare passive elektrische Bauelemente, die eine Vielzahl von Aufgaben wie z.B. galvanische Entkopplung, Transformation von Spannungen/Strömen oder Wandlung von Impedanzen erfüllen. Auf  
15 Grund seines großen Platzbedarfs, seines im Vergleich zu anderen passiven Bauelementen hohen Preises, seines nichtlinearen Verhaltens, seiner Verluste sowie der fehlenden Integrationsfähigkeit wird der Einsatz eines solchen Übertragers jedoch soweit wie möglich vermieden. In vielen  
20 Fällen ist es bisher nicht gelungen, den Übertrager gleichwertig zu ersetzen, so dass auf ihn nicht verzichtet werden kann.

In xDSL-Systemen („Digital Subscriber Line“) bestimmt  
25 beispielsweise der Übertrager die Leistungsfähigkeit dieser Systeme. Gefordert ist eine hohe Linearität des Übertragers über die gesamte Übertragungsbandbreite bei gleichzeitig minimalen Herstellungskosten. Diese beiden Anforderungen sind jedoch schwerlich gleichzeitig zu erfüllen. Gewöhnlicherweise  
30 ergeben sich in der Praxis die tatsächlichen Eigenschaften eines Übertragers daher aus einem je nach Anwendungsfall zu entscheidenden Kompromiß.

Ein zusätzliches Problem stellt die Bandbreite des  
35 Übertragers dar. In vielen Anwendungen ist eine große Bandbreite gefordert. Diese ist jedoch, insbesondere in Verbindung mit einer hohen Linearität, mit höheren Kosten

verbunden. Daher stellt sich bei der Verwendung eines Übertragers das Problem der Optimierung mit den Parametern Bandbreite, Linearität und Herstellungskosten. Sofern weder bei der Bandbreite noch bei der Linearität Kompromisse möglich sind, sind die vergleichsweise hohen Kosten für den Übertrager, die insbesondere durch dessen Kernmaterial, aber auch durch dessen mechanischen Aufbau bestimmt werden, bisher unvermeidbar.

- 10 Mitunter sind Abstriche bezüglich der Bandbreite möglich, die jedoch nicht optimal sind. Bei SHDSL-Systemen („Single-Pair High-Bit-Rate Digital Subscriber Line“) ist die geforderte Bandbreite des Übertragers beispielsweise proportional zur variablen Signalbandbreite des Systems bzw. Transceivers. Die
- 15 für eine maximale Datenrate bzw. Reichweite des Systems optimale untere Grenzfrequenz des Übertragers ist näherungsweise proportional zur Bandbreite des Systems. Während eine zu niedrige untere Grenzfrequenz des Systems durch ein digitales Hochpaßfilter ratenadaptiv an die
- 20 Signalbandbreite des Systems angepaßt, d.h. erhöht werden kann, ist eine zu hohe untere Grenzfrequenz nachträglich nicht zu kompensieren. Daher ist man bemüht, die untere Grenzfrequenz des Übertragers für die kleinste zu verwendende Bandbreite des Systems und die obere Grenzfrequenz des
- 25 Übertragers entsprechend für die größte zu verwendende Bandbreite auszulegen. Ist dieses nicht möglich, so besteht ein häufig anzutreffender Kompromiß darin, den Übertrager nur für die größte zu verwendende Bandbreite auszulegen, wobei Abstriche in der Leistungsfähigkeit bei den kleinsten zu
- 30 verwendenden Bandbreiten in Kauf genommen werden.

- Bei xDSL-Systemen ist im Allgemeinen eine große Linearität des Übertragers für eine maximale Datenrate bzw. Reichweite zumeist nur auf solchen Kanälen erforderlich, die nur
- 35 geringes oder gar kein Nebensprechen aufweisen. Der Einsatz von xDSL-Systemen unterliegt in vielen Fällen streng gefassten Regeln (sog. "Deployment Rules"), die die

Funktionsfähigkeit auch für den größten anzunehmenden Störfall ("Worst Case") sicherstellen sollen. Wird daher ein System nur für den größten anzunehmenden Störfall wie z.B. der Anwesenheit von starkem Nebensprechrauschen ausgelegt, sind die Anforderungen an die Linearität geringer, da die durch die Nichtlinearität verursachten Störungen in Anwesenheit von durch das Nebensprechrauschen verursachten Störungen nicht hervortreten. Ein derartig ausgelegter Übertrager ist dann jedoch nicht zur Übertragung auf Kanälen mit geringem Nebensprechen geeignet.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin, verschiedene Bestückungsvarianten auf beispielsweise einer Linecard mit jeweils einem Übertrager für bestimmte Anwendungen anzubieten. Ein Nachteil dieser Vorgehensweise ist die mitunter zusätzlich notwendige Umbestückung weiterer, zusätzlich zum Übertrager notwendiger Bauteile, da die Dimensionierung der Gesamtschaltung häufig von den Eigenschaften des jeweils verwendeten Übertragers abhängt. Außerdem werden für solche Systeme zumeist umfangreiche Testreihen verlangt, die für jede Schaltungsvariante erneut anfallen.

Die oben genannte Umbestückung schließt jedoch ein wünschenswertes softwaremäßiges Umschalten zwischen verschiedenen Betriebsfrequenzbereichen bzw. Übertragern aus, so dass nur eine elektronische oder elektromechanische Umschaltung in Betracht kommt. Die Verwendung von elektronischen Schaltern ist jedoch problematisch, da aufgrund der hohen Linearitätsanforderungen hochlineare elektronische Schalter notwendig sind, die mit hohen Kosten verbunden sind. Weiterhin ist eine Umschaltung mittels Relais möglich. Dieses stellt jedoch ein zusätzliches auf einer Linecard unterzubringendes Bauteil je Kanal dar, so dass weniger Raum für die Bestückung möglichst vieler Kanäle verbleibt.

4

Aufgabe der Erfindung ist es, eine kostengünstige Übertrager-Schaltungsanordnung anzugeben, mit der Signale mit einer großen Frequenzbandbreite und mit hoher Linearität übertragen werden können.

5

Diese Aufgabe wird durch eine Übertrager-Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 1 gelöst. Unteransprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen gerichtet.

- 10 Die erfindungsgemäße Übertrager-Schaltungsanordnung weist einen ersten Übertrager mit mindestens zwei Eingängen bzw. Eingangsanschlüssen und zwei Ausgängen bzw. Ausgangsanschlüssen und einem ersten Frequenzgang mit einer ersten unteren Grenzfrequenz und einer ersten oberen
- 15 Grenzfrequenz sowie einen zweiten Übertrager mit mindestens zwei Eingängen bzw. Eingangsanschlüssen und zwei Ausgängen bzw. Ausgangsanschlüssen und einem zweiten Frequenzgang mit einer zweiten unteren Grenzfrequenz und einer zweiten oberen Grenzfrequenz auf. Die erste untere Grenzfrequenz ist kleiner
- 20 als die zweite untere Grenzfrequenz, und die zweite obere Grenzfrequenz ist größer als die erste obere Grenzfrequenz. Weiterhin ist die zweite untere Grenzfrequenz vorzugsweise nicht mehr als um den Faktor 10 größer oder kleiner als die erste obere Grenzfrequenz. Die erfindungsgemäße Übertrager-
- 25 Schaltungsanordnung weist ein Frequenzverhalten mit Bandpaßcharakter mit einer unteren Gesamt-Grenzfrequenz und einer oberen Gesamt-Grenzfrequenz auf. Dabei ist die untere Gesamt-Grenzfrequenz kleiner als die erste obere Grenzfrequenz des ersten Übertragers und die zweite untere Grenzfrequenz des zweiten Übertragers, und die obere Gesamt-
- 30 Grenzfrequenz ist größer als die zweite untere Grenzfrequenz des zweiten Übertragers und die erste obere Grenzfrequenz des ersten Übertragers.
- 35 Der erste und/oder der zweite Übertrager können ein jeweiliges Übersetzungsverhältnis, eine jeweilige Hauptinduktivität und eine jeweilige Streuinduktivität



5

besitzen. Vorteilhafterweise ist das Übersetzungsverhältnis des ersten Übertragers gleich dem Übersetzungsverhältnis des zweiten Übertragers. Dadurch können die Übertrager bezüglich ihres Frequenzganges symmetrisch zueinander ausgelegt werden.

.5

Der erste und zweite Übertrager können als Vierpole mit jeweils zwei Eingängen und zwei Ausgängen ausgebildet sein.

Die Eingänge der Übertrager können parallel oder seriell zusammengeschaltet sein. Ebenso können die Ausgänge der

10 Übertrager parallel oder seriell zusammengeschaltet sein.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform sind entweder die Eingänge parallel und die Ausgänge seriell oder die Eingänge

seriell und die Ausgänge parallel zusammengeschaltet. Dadurch kann eine Addition der Frequenzgänge der einzelnen Übertrager

15 zu einem Gesamtsummenfrequenzgang der erfindungsgemäßen

Übertrager-Schaltungsanordnung erreicht werden, so dass sich in einer vorteilhaften Ausführungsform eine Bandbreite

ergeben kann, die aus der Summe der Bandbreiten des ersten und zweiten Übertragers besteht.

20

Vorzugsweise weist der erste Übertrager eine erste Kapazität auf, die ihm parallel vor- oder nachgeschaltet ist. Ebenso

kann der zweite Übertrager eine zweite Kapazität aufweisen, die ihm seriell vor- oder nachgeschaltet ist, so dass

25 beispielsweise die einzelnen Übertrager in ihrer

Zusammenschaltung für ihren jeweiligen

Übertragungsfrequenzbereich nicht kurzgeschlossen werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform weisen ein oder

30 mehrere Übertrager einen Frequenzgang mit Butterworth-

Verhalten, zum Beispiel Butterworth-Verhalten zweiter

Ordnung, auf. Dadurch ergibt sich ein maximal flacher Verlauf

des Frequenzganges über die gesamte Bandbreite, so dass sich auch über die Gesamtbandbreite der erfindungsgemäßen

35 Übertrager-Schaltungsanordnung ein maximaler flacher Verlauf

ergeben kann. Weiterhin weist der Butterworth-Frequenzgang

vorteilhafterweise eine geringe Flankensteilheit auf, wodurch

eine gesteigerte Empfindlichkeit des Gesamtfrequenzganges der erfindungsgemäßen Überträger-Schaltungsanordnung beispielsweise in Bezug auf Bauelemente-Toleranzen sowie zusätzliche Phasenverzerrungen vermieden werden kann.

5

Eine oder mehrere Grenzfrequenzen können so ausgewählt sein, dass der Frequenzgang der jeweiligen Einfügungsdämpfung (Betrag der Übertragungsfunktion) bei dieser Frequenz bzw. diesen Frequenzen eine Dämpfung von 6dB aufweist.

- 10 Vorteilhafterweise ist die erste obere Grenzfrequenz des ersten Übertragers gleich der zweiten unteren Grenzfrequenz des zweiten Übertragers. Die untere Gesamt-Grenzfrequenz kann gleich der ersten unteren Grenzfrequenz des ersten Übertragers und/oder die obere Gesamt-Grenzfrequenz kann  
15 gleich der zweiten oberen Grenzfrequenz des zweiten Übertragers sein.

- Gemäß einer weiteren Ausführungsform kann der erste Überträger eine Zusatzinduktivität aufweisen, die ihm bzw.  
20 seiner Streuinduktivität seriell vor- oder nachgeschaltet ist. Dieses ist besonders vorteilhaft, wenn eine gewünschte Streuinduktivität für den Überträger in der Herstellung nicht genau genug erzielt werden kann. Dann kann zum Beispiel eine geringe Streuinduktivität gefertigt werden, die gegenüber der  
25 hinzugeschalteten Zusatzinduktivität vernachlässigt werden kann, so dass sich nahezu die gewünschte Gesamtstreuinduktivität des Übertragers ergibt. Die Streuinduktivität des Übertragers und die zugehörige Zusatzinduktivität können jedoch auch so bemessen sein, dass  
30 sie in der Summe die gewünschte Gesamtstreuinduktivität ergeben.

- Die erfindungsgemäße Überträger-Schaltungsanordnung ist insbesondere zur Übertragung von Signalen in  
35 Nachrichtenübertragungssystemen wie zum Beispiel xDSL-Systemen ausgebildet. Mit ihr können eine große Signalbandbreite oder auch mehrere kleinere unterschiedliche

Bandbreiten im Multiplex auf kostengünstige Weise übertragen werden. Durch den Einsatz von zwei kostengünstigen Übertragern kleiner Bandbreite kann eine immer noch kostengünstige und platzsparende Vorrichtung oder

- 5 Schaltungsanordnung zur Übertragung von Signalen mit großer Bandbreite bei gleichzeitig hoher Linearität bereitgestellt werden, die sich insgesamt wie ein einzelner Übertrager verhält, wodurch eine softwaremäßige Umschaltung zwischen verschiedenen Signalfrequenzbereichen möglich ist. Ein  
10 elektronisches oder elektromechanisches Umschalten sowie die Verwendung von Bestückungsvarianten sind nicht erforderlich.

- Mit der erfindungsgemäßen Übertrager-Schaltungsanordnung ist somit eine Realisierung von Systemen mit einer großen  
15 Bandbreitendynamik möglich. Denkbar ist zum Beispiel eine xDSL-Multistandard-Linecard, mit der SHDSL-Signale im Frequenzbereich von beispielsweise 5 kHz bis 500 kHz und VDSL-Signale („Very High-Speed Digital Subscriber Line“) im Frequenzbereich von 500 kHz bis 10 MHz im Frequenzmultiplex  
20 übertragen werden. Hierbei können die erste obere 6dB-Grenzfrequenz des ersten Übertragers und die zweite untere 6dB-Grenzfrequenz des zweiten Übertragers bei 500 kHz liegen. Es sind jedoch auch Anwendungen in Systemen mit einer einzigen großen Signalbandbreite in der Größenordnung von z.B. von 5 kHz bis 10 MHz denkbar.

Im Folgenden werden vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung anhand der Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

- 30 Fig. 1 ein erstes Ersatzschaltbild eines ersten Übertragers (links) sowie ein erstes Ersatzschaltbild eines zweiten Übertragers (rechts),

- Fig. 2 ein Ersatzschaltbild einer Übertrager-Schaltungsanordnung gemäß einer ersten  
35 erfindungsgemäßen Ausführungsform,

Fig. 3 die jeweilige Einfügungsdämpfung des ersten Übertragers und des zweiten Übertragers der Fig. 2 in Abhängigkeit von der Signalfrequenz (Fig. 3a), die Einfügungsdämpfung der in Fig. 2 dargestellten erfindungsgemäßen Übertrager-Schaltungsanordnung in Abhängigkeit von der Signalfrequenz (Fig. 3b) sowie den zu Fig. 3b korrespondierenden Phasengang (Fig. 3c),

Fig. 4 ein Ersatzschaltbild einer Übertrager-Schaltungsanordnung gemäß einer zweiten erfindungsgemäßen Ausführungsform,

Fig. 5 ein detaillierteres Ersatzschaltbild des ersten oder zweiten Übertragers,

Fig. 6 die jeweilige Einfügungsdämpfung des ersten Übertragers und des zweiten Übertragers in Abhängigkeit von der Signalfrequenz (Fig. 6a), die Einfügungsdämpfung der Zusammenschaltung der beiden Übertrager in Abhängigkeit von der Signalfrequenz (Fig. 6b), den zu Fig. 6b korrespondierenden Phasengang (Fig. 6c) sowie die entsprechende Reflexionsdämpfung in Abhängigkeit von der Signalfrequenz (Fig. 6d) gemäß dem Ersatzschaltbild von Fig. 5, und

Fig. 7 einen schematischen Schaltplan einer dritten erfindungsgemäßen Ausführungsform einer Übertrager-Schaltungsanordnung.

Fig. 1 zeigt einfache lineare Ersatzschaltbilder eines ersten Übertragers 101 (links) und eines zweiten Übertragers 102 (rechts). Der erste Übertrager 101 weist eine Serieninduktivität 111, Ls1 (Streuinduktivität) sowie jeweils zwei Eingänge bzw. Eingangsanschlüsse 103 und 104 und zwei Ausgänge bzw. Ausgangsanschlüsse 105 und 106 auf. Der zweite Übertrager 102 weist eine Parallelinduktivität 112, Lh2 (Hauptinduktivität) sowie jeweils zwei Eingänge bzw. Eingangsanschlüsse 109 und 110 und zwei Ausgänge bzw.

Ausgangsanschlüsse 107 und 108 auf. Beide Übertrager 101, 102 sind somit als Vierpole ausgebildet.

5 Der Arbeitsfrequenzbereich des ersten Übertragers 101 sei gegeben durch

$$f_{u1} \leq f \leq f_{o1},$$

mit der Signalfrequenz  $f$ , der ersten unteren Grenzfrequenz  $f_{u1}$  und der ersten oberen Grenzfrequenz  $f_{o1}$ .

10 Der Arbeitsfrequenzbereich des zweiten Übertragers 102 sei gegeben durch

$$f_{u2} \leq f \leq f_{o2},$$

mit der zweiten unteren Grenzfrequenz  $f_{u2}$  und der zweiten oberen Grenzfrequenz  $f_{o2}$ .

15

Weiterhin gelte in diesem Beispiel

$$f_{u1} < f_{o1} = f_{u2} < f_{o2},$$

so dass die Übertragungsfrequenzgänge der beiden Übertrager 101, 102 nahtlos ineinander übergehen. Denkbar ist jedoch

20 auch eine Überschneidung der Arbeitsfrequenzbereiche der Übertrager oder auch ein Frequenzabstand der Bereiche, die zum Beispiel im Bereich einer Größenordnung (etwa Faktor 10) oder weniger liegen. Vorzugsweise gilt die allgemeine Bedingung

● 5  $f_{u1} < f_{o1} \leq f_{u2} < f_{o2}.$

Dabei sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass hierin der Begriff „Grenzfrequenz“ jeweils als 6dB-Grenzfrequenz definiert ist.

30

Entsprechend der in Fig. 1 dargestellten Ersatzschaltbilder hat der erste Übertrager 101 ein Übertragungsverhalten eines Tiefpasses, wobei die erste untere Grenzfrequenz  $f_{u1}$  im Idealfall gleich Null ist. Der zweite Übertrager 102 hat  
35 entsprechend ein Übertragungsverhalten eines Hochpasses, wobei die zweite obere Grenzfrequenz  $f_{o2}$  im Idealfall gegen Unendlich geht.

Fig. 2 zeigt ein Ersatzschaltbild einer Ausführungsform einer Übertrager-Schaltungsanordnung, bei der die beiden Übertrager 101, 102 der Fig. 1 zusammengeschaltet sind. Hierbei enthält  
5 der erste Übertrager 201 zusätzlich eine diesem nachgeschaltete Parallelkapazität bzw. erste Kapazität 217, C1, wodurch ein so genannter Kettentiefpas gebildet wird. Der um die erste Kapazität 217, C1 erweiterte erste Übertrager 201 besitzt die beiden Eingänge 103 und 104 sowie die beiden  
10 Ausgänge 205 und 206.

Der zweite Übertrager 202 enthält zusätzlich diesem vorgeschaltete Serienkapazitäten bzw. zweite Teilkapazitäten 215 und 216, die hier jeweils eine Größe von  $2C_2$  haben, so  
15 dass sie insgesamt eine Serienkapazität bzw. zweite Kapazität von  $C_2$  bilden. Eine andere Verteilung bzw. Aufteilung der Kapazitätswerte ist auch möglich. So kann beispielsweise auch nur einer der beiden Serienkapazitäten 215, 216 vorgesehen sein, die dann eine Größe von  $C_2$  besitzt. Der zweite  
20 Transformator 102 bildet zusammen mit den Serienkapazitäten 215 und 216 einen so genannten Kettenhochpass. Der um die Serienkapazitäten 215, 216 erweiterte zweite Übertrager 202 besitzt die beiden Eingänge 209 und 210 sowie die beiden Ausgänge 107 und 108.

5 Die Kapazitäten  $C_1$ ,  $C_2$  können - wie in Fig. 2 gezeigt - jeweils als Kondensatoren realisiert sein.

Die erfindungsgemäße Übertrager-Schaltungsanordnung besteht  
30 in dem hier dargestellten Beispiel aus der Zusammenschaltung des ersten und zweiten Übertragers 201 und 202 zu einem Gesamtübertrager, der wiederum zwei Eingänge 211 und 212 sowie zwei Ausgänge 213 und 214 aufweist. Die in Fig. 2 gezeigte Schaltung wird durch eine Leistungsquelle bzw.  
35 Stromquelle 203 und einen Eingangswiderstand 218,  $Z_0$ , die dem Gesamtübertrager 200 vorgeschaltet sind, sowie einen Abschlußwiderstand 219,  $Z_0$ , der dem Gesamtübertrager 200

nachgeschaltet ist, vervollständigt. Zur Leistungsanpassung besitzt der Ausgangswiderstand 219 dieselbe Größe  $Z_0$  wie der Eingangswiderstand 218. Die Widerstände können nach Bedarf aber auch unterschiedliche Größen bzw. Werte aufweisen.

5 Im Beispiel der Fig. 2 sind jeweils ein Eingang 103, 104 des ersten Übertragers 201 mit einem Eingang 209, 210 des zweiten Übertragers 201 zu einem entsprechenden Eingang 211, 212 des Gesamtübertragers 200 verbunden, so dass sich eine  
10 Parallelschaltung der Eingänge des ersten und zweiten Übertragers 201, 202 ergibt. Außerdem ist ein Ausgang 205 des ersten Übertragers 201 mit einem Ausgang 108 des zweiten Übertragers 202 verbunden, wohingegen der jeweils andere  
Ausgang 206, 213 der Übertrager 201, 202 einen Ausgang des  
15 Gesamtübertragers bildet, so dass sich eine Serienschaltung der Ausgänge des ersten und zweiten Übertragers 201, 202 ergibt.

Werden die Induktivitäten  $L_{s1}$  und  $L_{h2}$  sowie die Kapazitäten  
20  $C_1$  und  $C_2$  zum Beispiel so dimensioniert, dass der erste und der zweite Übertrager 201, 202 jeweils ein Butterworth-Verhalten aufweisen, kann die Welligkeit des Übertragungsfrequenzganges der erfindungsgemäßen Übertrager-Schaltungsanordnung 200 minimiert werden. Eine weitere  
25 Minimierung bzw. Optimierung läßt sich erzielen, indem die erste obere Grenzfrequenz  $f_{o1}$  und die zweite untere Grenzfrequenz  $f_{u2}$  bei einer jeweiligen Einfügungsdämpfung von 6dB bzw. einem Betrag der jeweiligen Übertragungsfunktion von 6dB liegen.

30 Fig. 3 zeigt die jeweiligen Kurven der Einfügungsdämpfung der Übertrager 201, 202, 200 sowie die zugehörige Phase des Gesamtübertragers 200 für die Schaltung aus Fig. 2 in Abhängigkeit von der Signalfrequenz  $f$  im Verhältnis zur Übergangsfrequenz  $f_c$ , die hier gleich der ersten oberen  
35 Grenzfrequenz  $f_{o1}$  und gleich der zweiten unteren Grenzfrequenz  $f_{u2}$  ist und bei der die Dämpfungen der

12

Teilübertrager jeweils ungefähr 6dB betragen. Die Bauelemente sowie die Elemente der Ersatzschaltbilder der beiden Übertrager der Schaltung von Fig. 2 sind dabei wie folgt dimensioniert:

$$L_{s1} = \tilde{L}_1 \cdot Z_0 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_c},$$

$$L_{s2} = \tilde{L}_2 \cdot Z_0 \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_c},$$

$$C_1 = \frac{\tilde{C}_1}{Z_0} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_c},$$

$$C_2 = \frac{\tilde{C}_2}{Z_0} \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_c}$$

mit den normierten Größen

$$\tilde{L}_1 = 0,2755,$$

$$\tilde{L}_2 = \tilde{C}_2 = 0,09195$$

$$\tilde{C}_1 = 0,2755.$$

- 10 Der Bezugswiderstand (Eingangs- und/oder Ausgangswiderstand)  $Z_0$  ist je nach Anwendung zu wählen und beträgt für xDSL-Anwendungen z.B. 100  $\Omega$  oder 135  $\Omega$ .

- 15 In Fig. 3a sind die Kurve 301 der Einfügungsdämpfung  $S_{21}$  des ersten Übertragers 201 und die Kurve 302 der Einfügungsdämpfung  $S_{21}$  des zweiten Übertragers 202 einander gegenüber gestellt. Beide weisen eine Butterworth-Charakteristik 2. Ordnung auf. Der Schnittpunkt liegt bei der Übergangsfrequenz  $f_c$  und einer Dämpfung von ca. 6dB.

20

Die Kurve 303 der Einfügungsdämpfung  $S_{21}$  der Zusammenschaltung des ersten und zweiten Übertragers 201, 202 zum Gesamtübertrager 200 in Abhängigkeit von der Signalfrequenz  $f$  ist in Fig. 3b dargestellt. Die

- 25 Einfügungsdämpfung  $S_{21}$  beträgt in diesem Fall über den



gesamten Frequenzbereich 0 dB. Die Kurve 304 des Phasenganges  $\arg S_{21}$  des Gesamtübertragers ist in Fig. 3c gezeigt. Sie weist bei der Signalfrequenz  $f_c$  einen Phasensprung von etwa  $-2\pi$  auf.

5

Besitzen einer oder beide der eingesetzten Übertrager ein vom Wert Eins verschiedenes Übersetzungsverhältnis  $\tilde{u}$ , so ist dieses bei der Dimensionierung der Bauelemente und der Auslegung der Schaltung zu berücksichtigen. Das zu Fig. 3

10

korrespondierende Ersatzschaltbild unter Berücksichtigung der Übersetzungsverhältnisse des ersten und zweiten Übertragers.

201, 202 ist in Fig. 4 dargestellt. Dabei ist das zuvor erläuterte Ersatzschaltbild des ersten Übertragers 101 um einen ersten idealen Übertrager 401 mit einem

15

Übersetzungsverhältnis  $\tilde{u}$  bzw.  $\tilde{u}:1$  sowie das Ersatzschaltbild des zweiten Übertragers 101 um einen zweiten idealen

Übertrager 402 mit einem Übersetzungsverhältnis  $\tilde{u}$  bzw.  $\tilde{u}:1$  erweitert. Die Übersetzungsverhältnisse der idealen

20

Übertrager 401, 402 können auch unterschiedlich sein, so dass

sich für den ersten idealen Übertrager zum Beispiel ein

erstes Übersetzungsverhältnis von  $\tilde{u}_1$  bzw.  $\tilde{u}_1:1$  und für den

zweiten idealen Übertrager ein zweites Übersetzungsverhältnis

von  $\tilde{u}_2$  bzw.  $\tilde{u}_2:1$  ergibt. Um eine Leistungsanpassung der

Schaltung zu erreichen, wird ein anderer Ausgangswiderstand

25

319 gewählt, der sich in diesem Beispiel aus der

Multiplikation des Eingangswiderstandes  $Z_0$  mit dem Faktor

$1/\tilde{u}^2$  ergibt. Entsprechend kann sich für die oben genannte

Dimensionierung der Bauteile die normierte erste Kapazität

$\tilde{C}_1$  in Abhängigkeit von dem Übersetzungsverhältnis  $\tilde{u}$  zu

30

$$\tilde{C}_1 = 0,2755 \cdot \tilde{u}^2$$

ergeben.

35

In Fig. 5 ist ein anderes Ersatzschaltbild für den ersten und/oder zweiten Übertrager dargestellt. Der Übertrager 501 weist neben dem idealen Übertrager 505 mit den

14

Übersetzungsverhältnissen  $\dot{u}_{1,2}$  ( $\dot{u}_1$  für den ersten idealen Übertrager,  $\dot{u}_2$  für den zweiten idealen Übertrager), einen Verlustwiderstand  $502$  bzw.  $R_{1,2}$  ( $R_1$  für den ersten Übertrager,  $R_2$  für den zweiten Übertrager), eine parallele Hauptinduktivität  $504$  bzw.  $L_{h1,2}$  ( $L_{h1}$  für den ersten Übertrager,  $L_{h2}$  für den zweiten Übertrager) und eine serielle Streuinduktivität  $L_{s1,2}$  ( $L_{s1}$  für den ersten Übertrager,  $L_{s2}$  für den zweiten Übertrager) auf. Der Übertrager  $501$  besitzt die beiden Eingänge  $506$  und  $507$  sowie die beiden Ausgänge  $508$  und  $509$ .

Werden der erste Übertrager  $201$  der Fig. 4 durch den Übertrager der Fig. 5 und der zweite Übertrager  $202$  der Fig. 4 durch den Übertrager der Fig. 5 ersetzt und beispielsweise eine Dimensionierung von

$$R_1 = R_2 = \frac{Z_0}{10},$$

$$\frac{L_{h1}}{L_{s1}} = \frac{L_{h2}}{L_{s2}} = 100$$

gewählt, ergeben sich die in Fig. 6 dargestellten Kurven. In Fig. 6a sind die Kurve  $601$  der Einfügungsdämpfung  $S_{21}$  des so dimensionierten ersten Übertragers  $201$  und die Kurve  $602$  der Einfügungsdämpfung  $S_{21}$  des so dimensionierten zweiten Übertragers  $202$  einander gegenübergestellt. Der Schnittpunkt liegt bei der Übergangsfrequenz  $f_c$  und einer Dämpfung von ca.  $6\text{dB}$ . Aus dem ansteigenden Teil der Kurve  $601$  des ersten Übertragers und dem abfallenden Teil der Kurve  $602$  des zweiten Übertragers ist zu sehen, dass in diesem Fall die erste untere Grenzfrequenz  $f_{u1}$  bei einer von Null verschiedenen Signalfrequenz  $f$  liegt und die zweite obere Grenzfrequenz  $f_{o2}$  einen endlichen Wert annimmt.

30

Die entsprechende Kurve  $603$  der Einfügungsdämpfung  $S_{21}$  der Zusammenschaltung des ersten und zweiten Übertragers  $201$ ,  $202$  in Abhängigkeit von der Signalfrequenz  $f$  ist in Fig. 6b dargestellt. Im Vergleich zur Kurve  $303$  der Fig. 3b weist die

15

Kurve 603 eine geringe Welligkeit sowie eine ansteigende und eine abfallende Flanke auf. Außerdem erreicht der Wert der Einfügungsdämpfung  $S_{21}$  nicht ganz 0dB. Die Kurve 604 des zugehörigen Phasenganges  $\arg S_{21}$  ist in Fig. 6c gezeigt. Sie weist bei der Signalfrequenz  $f_c$  einen Phasensprung von etwa  $-2\pi$  auf, hat aber im Vergleich zur Kurve 304 der Fig. 3c jeweils einen von Null verschiedenen Anfangs- und Endwert.

Die Kurve 605 der Fig. 6d zeigt die entsprechende Reflexionsdämpfung  $1/|S_{11}|$  der Zusammenschaltung des ersten und zweiten Übertragers in Abhängigkeit von der Signalfrequenz  $f$ .

In Fig. 7 ist ein schematischer Schaltplan einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Übertrager-Schaltungsanordnung gezeigt. Die Übertrager 101 und 102 können gemäß den entsprechenden Ersatzschaltbildern der Fig. 1, Fig. 4 oder Fig. 5, insbesondere gemäß Fig. 5, ausgelegt sein. Der erste Übertrager 701 weist hier neben dem ersten Übertrager 101 und der diesem nachgeschalteten Kapazität 217, C1 zwei dem ersten Übertrager 101 seriell vorgeschaltete Zusatzinduktivitäten 707 und 708 auf, die jeweils einer Teilzusatzinduktivität von  $0,5L_z$  entsprechen, so dass sie insgesamt eine serielle Zusatzinduktivität von  $L_z$  bilden. Eine andere Verteilung bzw. Aufteilung der Teilinduktivitätswerte ist auch möglich. So kann beispielsweise auch nur eine der beiden Zusatzinduktivitäten 707, 708 vorgesehen sein, die dann eine Größe von  $L_z$  besitzt. In einer anderen Ausführungsform können die Zusatzinduktivitäten 707, 708 dem ersten Übertrager 101 auch seriell nachgeschaltet sein.

Der um die Zusatzinduktivitäten 707, 708 erweiterte erste Übertrager 701 besitzt die beiden Eingänge 703 und 704 sowie die beiden Ausgänge 705 und 706. Die durch die Zusammenschaltung des ersten Übertragers 701 und des zweiten Übertragers 202 gebildete erfindungsgemäße Übertrager-

Schaltungsanordnung besitzt zwei Eingänge 711 und 712 sowie zwei Ausgänge 713 und 714.

Die in den Figuren gezeigten Zusammenschaltungen der Eingänge des ersten und zweiten Übertragers sowie der Ausgänge des ersten und zweiten Übertragers können auch beispielsweise derart erfolgen, dass die Eingänge seriell und die Ausgänge parallel zusammengeschaltet sind. Die Anordnung der ersten Kapazität C1, der zweiten Kapazität C2 bzw. deren Teilkapazitäten und/oder der Zusatzinduktivität(en) Lz können entsprechend spiegelbildlich zum zugehörigen Transformator angeordnet sein, so dass die in den Figuren dargestellten vorgeschalteten Bauelemente nachgeschaltet und nachgeschaltete Bauelemente vorgeschaltet sind.

Gegebenenfalls ist auch eine erfindungsgemäße Hinzuschaltung eines oder mehrerer weiterer Einzelübertrager denkbar, wobei insbesondere ein rekursiver Aufbau beispielsweise derart möglich ist, dass zu einer Übertrager-Schaltungsanordnung der zuvor beschriebenen Art ein weiterer Übertrager hinzugeschaltet wird, um eine neue Übertrager-Schaltungsanordnung der zuvor beschriebenen Art zu erhalten, wobei dann die ursprüngliche Übertrager-Schaltungsanordnung als der erste bzw. zweite Übertrager und der hinzugeschaltete weitere Übertrager als der zweite bzw. erste Übertrager der neuen Übertrager-Schaltungsanordnung dient.

## Patentansprüche

## 1. Übertrager-Schaltungsanordnung,

- 5 mit einem ersten Übertrager (201, 701) mit mindestens zwei Eingängen (103, 104, 703, 704) und mindestens zwei Ausgängen (205, 206, 705, 706) und einem ersten Frequenzgang mit einer ersten unteren Grenzfrequenz ( $f_{u1}$ ) und einer ersten oberen Grenzfrequenz ( $f_{o1}$ ), und
- 10 mit einem zweiten Übertrager (202) mit mindestens zwei Eingängen (209, 210) und mindestens zwei Ausgängen (107, 108) und einem zweiten Frequenzgang mit einer zweiten unteren Grenzfrequenz ( $f_{u2}$ ) und einer zweiten oberen Grenzfrequenz ( $f_{o2}$ ),
- 15 wobei die erste untere Grenzfrequenz ( $f_{u1}$ ) kleiner als die zweite untere Grenzfrequenz ( $f_{u2}$ ) und die zweite obere Grenzfrequenz ( $f_{o2}$ ) größer als die erste obere Grenzfrequenz ( $f_{o1}$ ) ist,
- 20 wobei mindestens ein Eingang (103, 104, 703, 704) des ersten Übertragers (201, 701) mit einem Eingang (209, 210) des zweiten Übertragers (202) und mindestens ein Ausgang (205, 206, 705, 706) des ersten Übertragers (201, 701) mit einem Ausgang (107, 108) des zweiten Übertragers (202) elektrisch verbunden ist, und
- 25 wobei der Frequenzgang der Übertrager-Schaltungsanordnung ein Bandpaßverhalten mit einer unteren Gesamt-Grenzfrequenz ( $f_{ges}$ ) und einer oberen Gesamt-Grenzfrequenz ( $f_{oges}$ ) aufweist, wobei die untere Gesamt-Grenzfrequenz ( $f_{ges}$ ) kleiner als die erste obere Grenzfrequenz ( $f_{o1}$ ) und die zweite untere Grenzfrequenz ( $f_{u2}$ ), und die obere Gesamt-Grenzfrequenz ( $f_{oges}$ ) größer als die zweite untere Grenzfrequenz ( $f_{u2}$ ) und die erste obere Grenzfrequenz ( $f_{o2}$ ) ist.

## 2. Übertrager-Schaltungsanordnung nach Anspruch 1,

35 dadurch gekennzeichnet,

18

dass der erste Übertrager (201, 701) ein erstes Übersetzungsverhältnis ( $\dot{u}_1$ ), eine erste Hauptinduktivität ( $L_{h1}$ ) und eine erste Streuinduktivität ( $L_{s1}$ ) aufweist, und dass der zweite Übertrager (202) ein zweites Übersetzungsverhältnis ( $\dot{u}_2$ ), eine zweite Hauptinduktivität ( $L_{h2}$ ) und eine zweite Streuinduktivität ( $L_{s2}$ ) aufweist.

3. Übertrager-Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das erste Übersetzungsverhältnis ( $\dot{u}_1$ ) genauso groß wie das zweite Übersetzungsverhältnis ( $\dot{u}_2$ ) ist.

4. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingänge (103, 104, 703, 704; 209, 210) der Übertrager (201, 701; 202) parallel oder seriell zusammengeschaltet sind.

5. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgänge (205, 206, 705, 706; 107, 108) der Übertrager (201, 701; 202) seriell oder parallel zusammengeschaltet sind.

6. Übertrager-Schaltungsanordnung einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem ersten Übertrager (201, 701) eine erste Kapazität ( $C_1$ ) parallel nach- oder vorgeschaltet ist.

7. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem zweiten Übertrager (202) eine zweite Kapazität ( $C_2$ ) seriell vor- oder nachgeschaltet ist.

8. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

- 5 dass der erste Frequenzgang und/oder der zweite Frequenzgang ein Butterworth-Verhalten aufweisen.

9. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche,

10 dadurch gekennzeichnet,

dass der erste Frequenzgang und/oder der zweite Frequenzgang ein Butterworth-Verhalten zweiter Ordnung aufweisen.

10. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche,

15

dadurch gekennzeichnet,

dass der erste Übertrager (201, 701) und/oder der zweite Übertrager (202) bei der jeweiligen unteren und/oder oberen ersten bzw. zweiten Grenzfrequenz ( $f_{u1}$ ,  $f_{u2}$ ,  $f_{o1}$ ,  $f_{o2}$ ) etwa

20 eine Einfügungsdämpfung von 6dB aufweisen.

11. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,

25 dass die erste obere Grenzfrequenz ( $f_{o1}$ ) etwa gleich der zweiten unteren Grenzfrequenz ( $f_{u2}$ ) ist.

12. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der vorherigen Ansprüche,

30 dadurch gekennzeichnet,

dass die untere Gesamt-Grenzfrequenz ( $f_{uges}$ ) etwa gleich der ersten unteren Grenzfrequenz ( $f_{u1}$ ) und/oder die obere Gesamt-Grenzfrequenz ( $f_{oges}$ ) etwa gleich der zweiten oberen Grenzfrequenz ( $f_{o2}$ ) ist.

35

13. Übertrager-Schaltungsanordnung nach Anspruch 2 und einem der vorhergehenden Ansprüche,

20

dadurch gekennzeichnet,  
dass dem ersten Übertrager (201, 701) eine Zusatzinduktivität  
(Lz) seriell vor- oder nachgeschaltet ist.

- 5 14. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche  
1 bis 13,

dadurch gekennzeichnet,  
dass die Übertrager-Schaltungsanordnung zur Übertragung von  
Signalen in Nachrichtenübertragungssystemen ausgebildet ist.

10

15. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet,  
dass die zweite untere Grenzfrequenz ( $f_{u2}$ ) nicht mehr als um  
15 den Faktor 10 größer oder kleiner als die erste obere  
Grenzfrequenz ( $f_{o1}$ ) ist.

16. Übertrager-Schaltungsanordnung nach einem der  
vorhergehenden Ansprüche,

20 dadurch gekennzeichnet,  
dass der erste Übertrager (201, 701) und/oder der zweite  
Übertrager (202) durch eine Übertrager-Schaltungsanordnung  
nach einem der vorhergehenden Ansprüche gebildet ist.



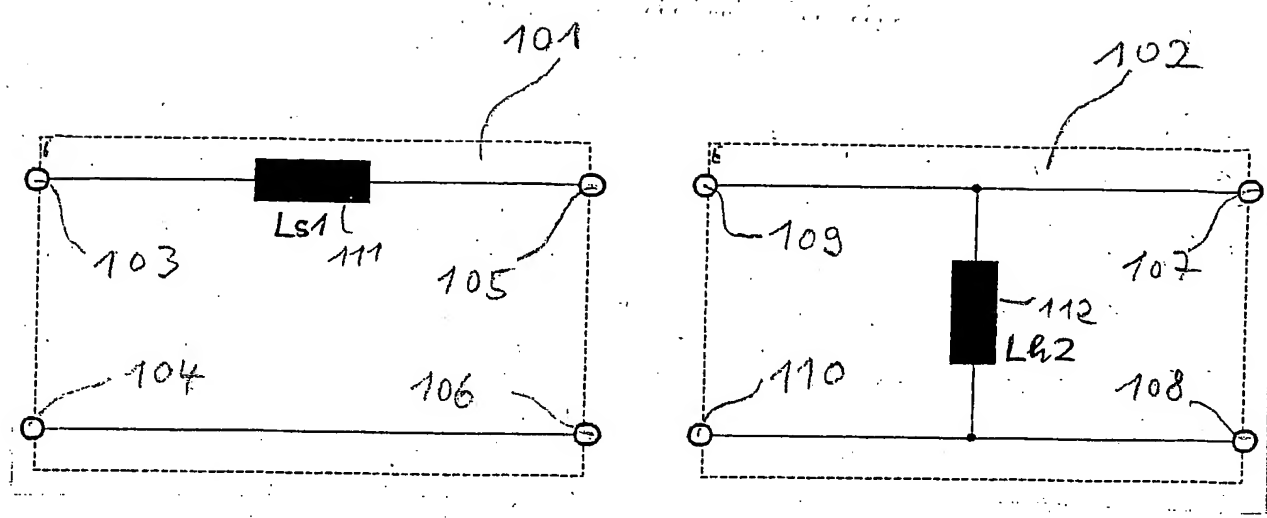


Fig. 1

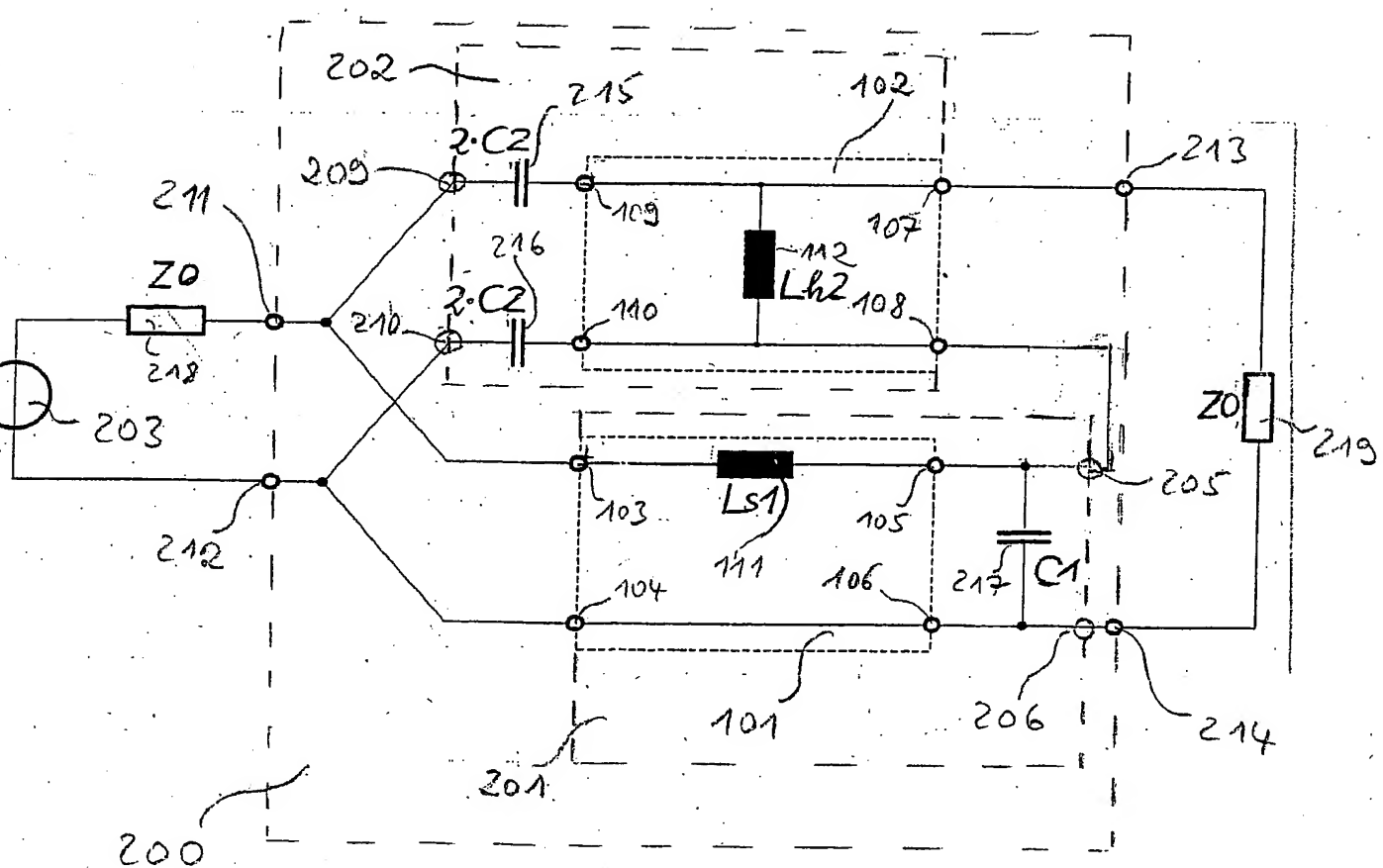


Fig. 2

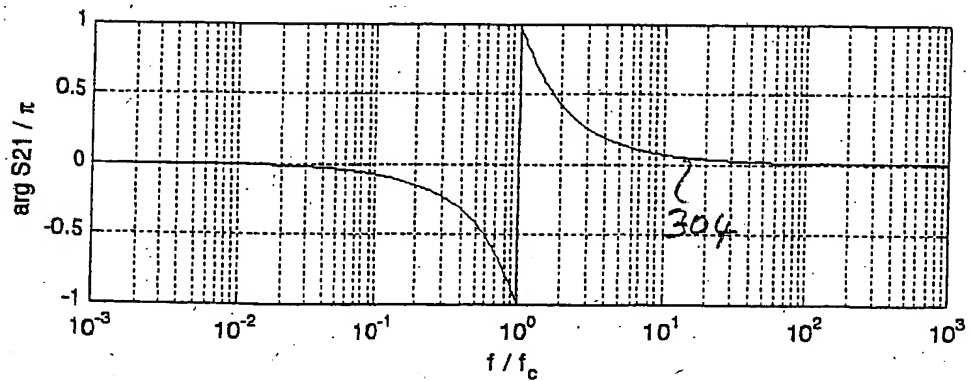
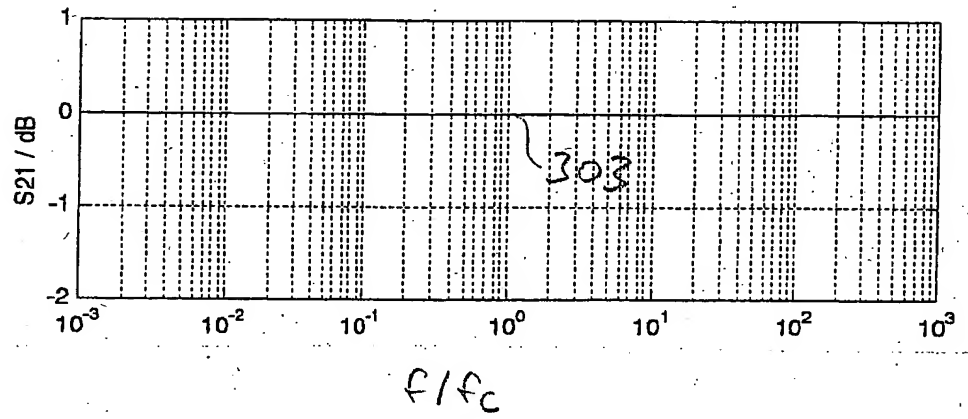
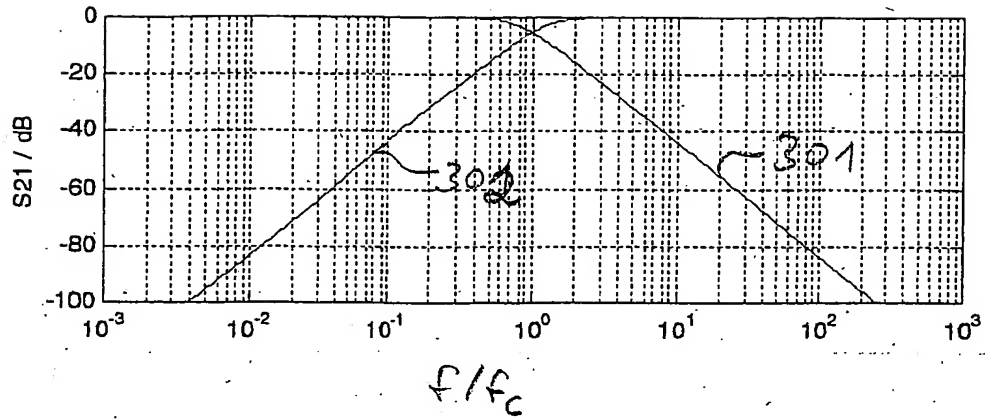


Fig. 3

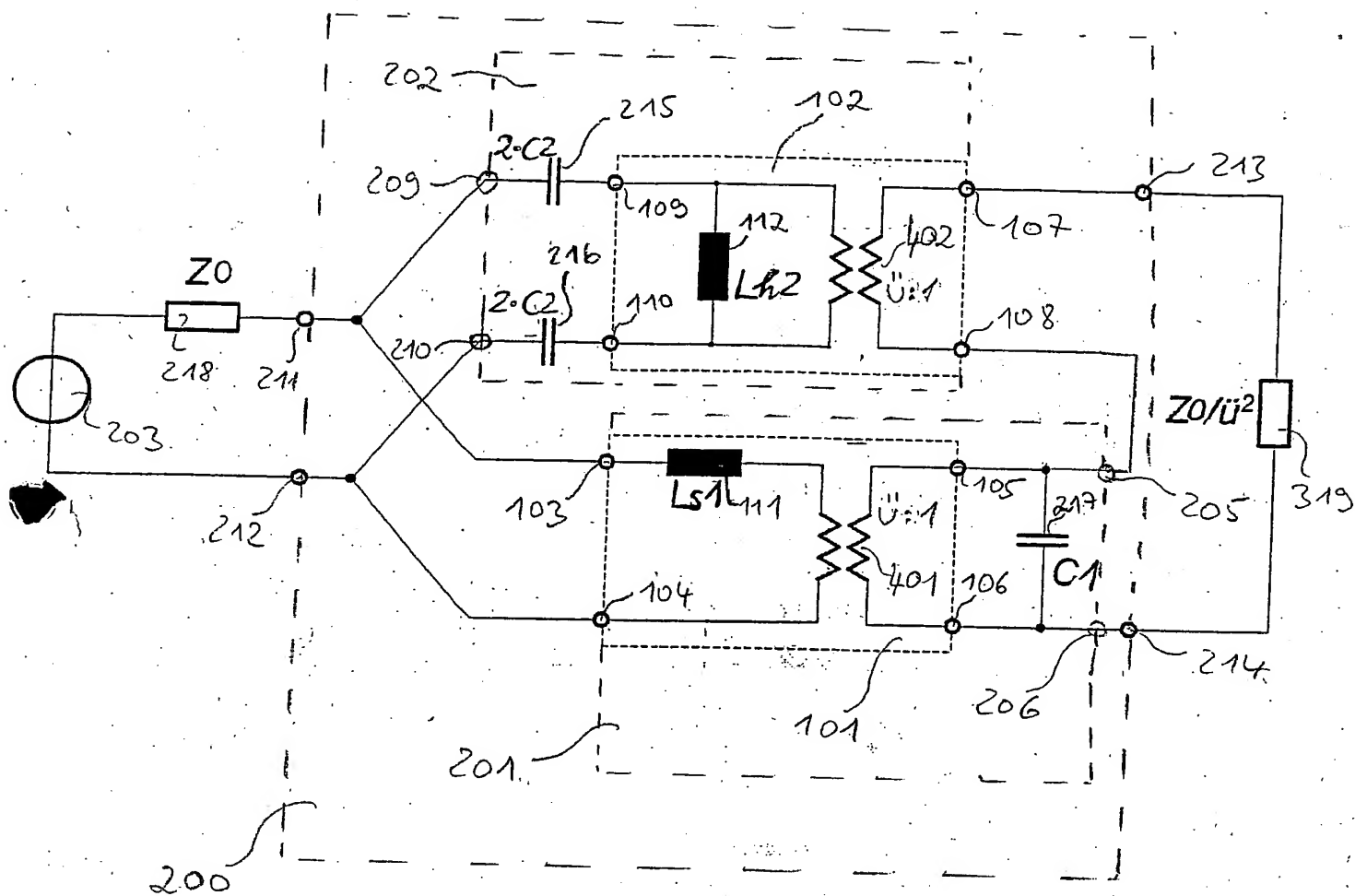


Fig. 4

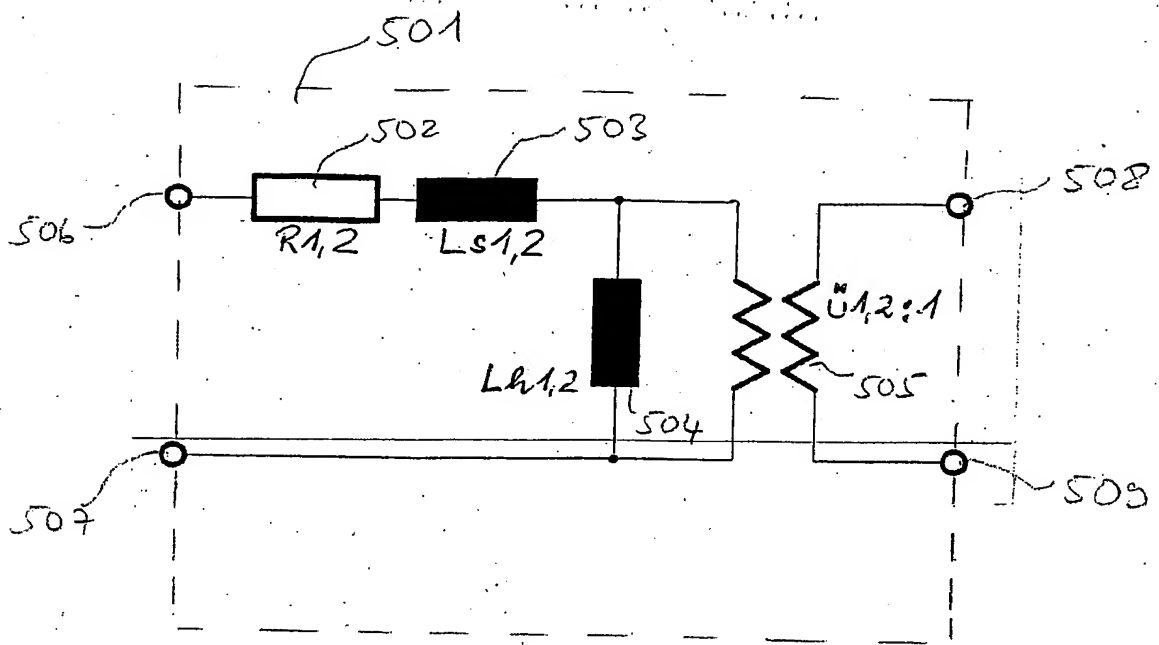


Fig. 5

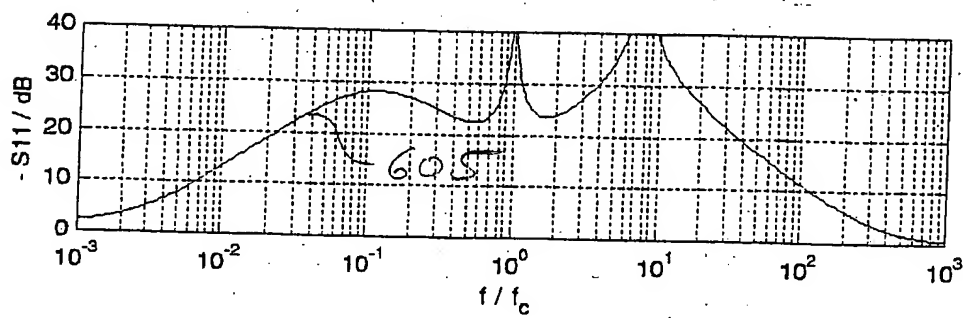
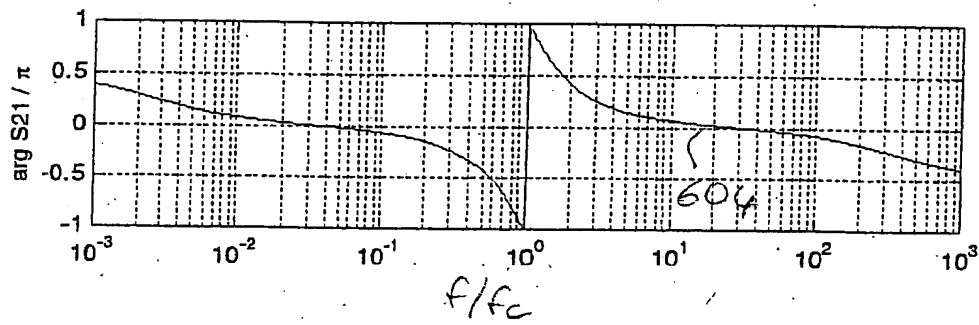
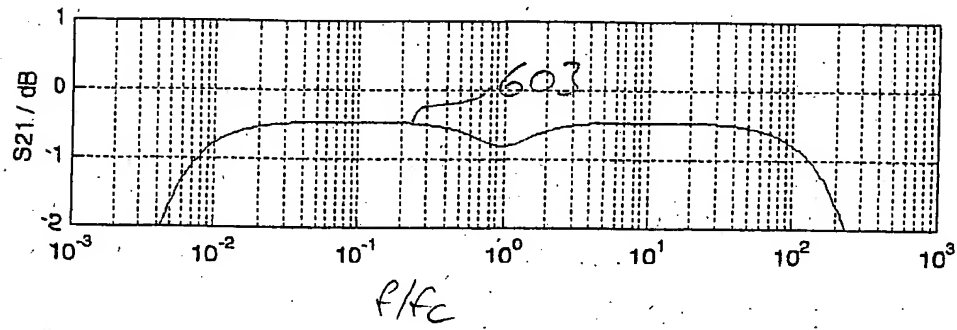
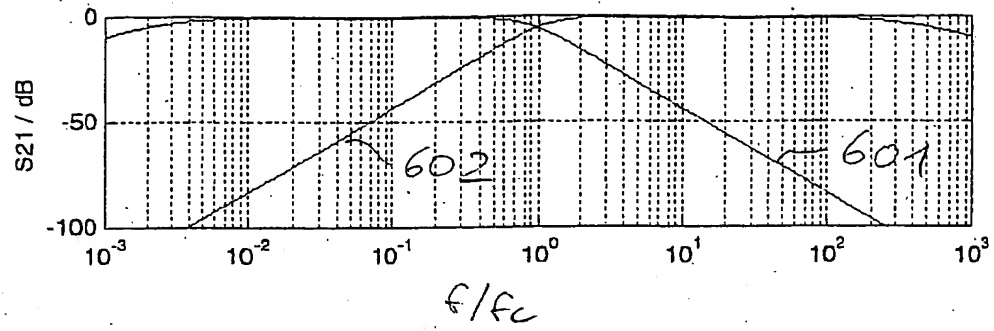


Fig. 6

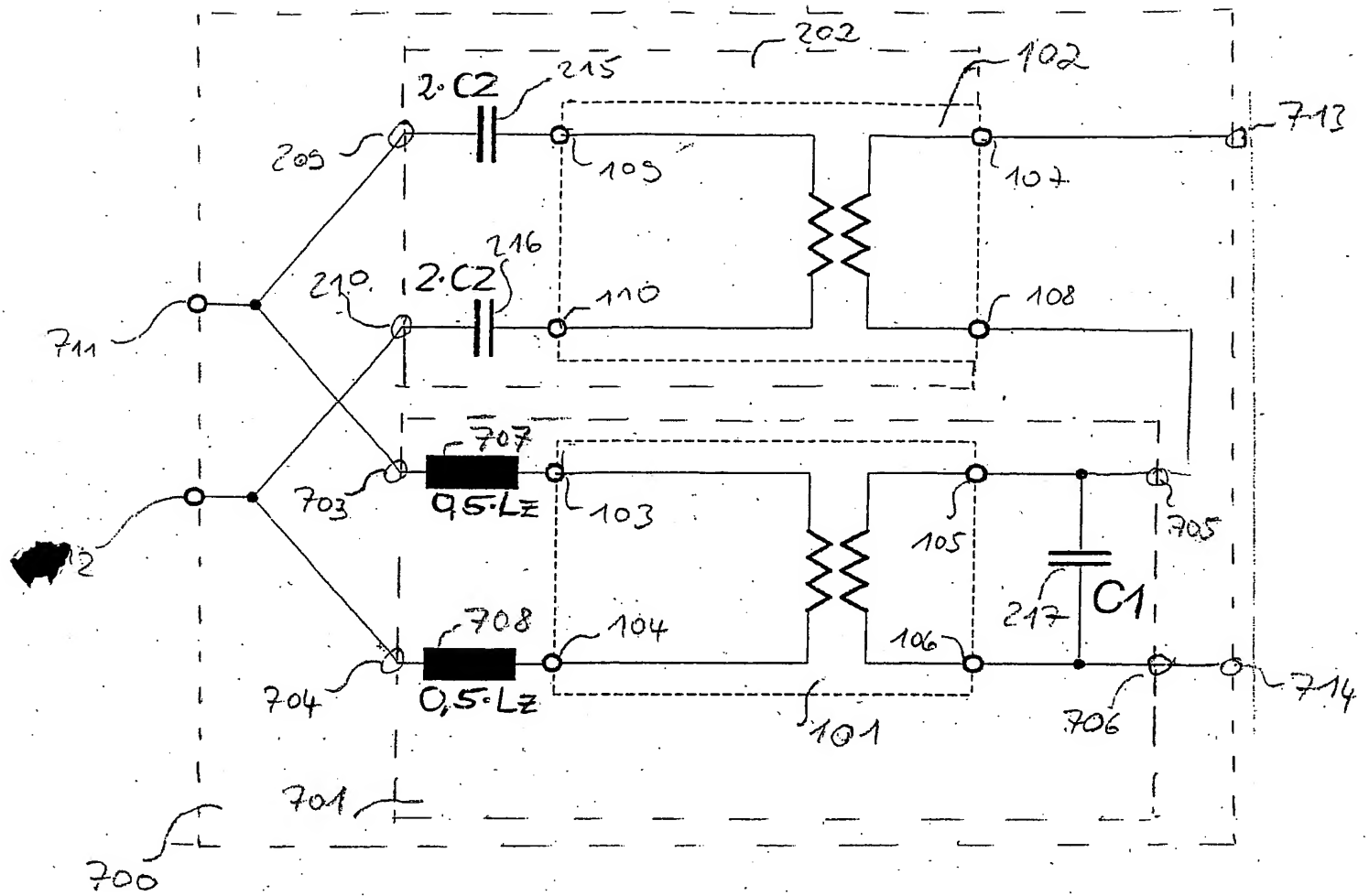


Fig. 7